



HAL
open science

Une évaluation géographico-économique de la valeur de paysages périurbains

Jean Cavailhès, Thierry Brossard, Mohamed Hilal, Daniel Joly,
François-Pierre Tourneux, Céline Tritz, Pierre Wavresky

► **To cite this version:**

Jean Cavailhès, Thierry Brossard, Mohamed Hilal, Daniel Joly, François-Pierre Tourneux, et al.. Une évaluation géographico-économique de la valeur de paysages périurbains. Premières journées scientifiques de L'Economie de l'Environnement : les stratégies des acteurs, Oct 2005, Alger, Algérie. 25p. hal-00767205

HAL Id: hal-00767205

<https://hal.science/hal-00767205>

Submitted on 20 Dec 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNE EVALUATION GEOGRAPHICO-ECONOMIQUE DE LA VALEUR DE PAYSAGES PERIURBAINS¹

Jean CAVAILHES^α
Thierry BROSSARD^γ
Mohamed HILAL^α
Daniel JOLY^γ
François-Pierre TOURNEUX^γ
Céline TRITZ^γ
Pierre WAVRESKY^α

1 - Introduction

Le paysage est un élément déterminant du cadre de vie et de sa qualité. La recherche de beaux paysages guide assurément le comportement des individus et des groupes sociaux, dans leurs préférences touristiques ou dans leur choix résidentiel par exemple, tout particulièrement dans les pays développés. C'est pourquoi les travaux économiques consacrés à l'évaluation du prix des paysages se sont développés depuis quelques années (Acharya et Bennett, 2001 ; Bastian et al. 2002; Bolitzer et Netusil, 2000 ; Brasington et Hite, 2004 ; Cheshire et Sheppard, 1995 ; 1998 ; Des Rosiers et al. 2002; Geoghegan et al. 1997; Germino et al. 2001 ; Irwin, 2002 ; Kestens et al. 2004 ; Lake et al. 1998 ; Mahan et al. 2000 ; Paterson et Boyle, 2002 ; Roe et al. 2004 ; Thorsnes, 2002 ; Tyrvaïnen et Miettinen, 2000)².

Dans ce contexte, **notre recherche a pour objectif d'éclairer les termes d'une évaluation économique des paysages** en utilisant la méthode des prix hédoniste appliquée à des transactions immobilières

¹ Cette recherche a bénéficié du financement de la Région de Bourgogne, du Conseil général de la Côte-d'Or et de la Communauté d'agglomération de Dijon. Elle utilise des données sur les transactions immobilières provenant de la société PERVAL.

^α INRA-CESAER, 26 Boulevard Petitjean, F-21000 Dijon

^γ CNRS-ThéMA, 32 rue Megevand, F-25030 Besançon

² Un état de la littérature est présenté par Cavailhès et al. (2005). Faute de place, nous ne pouvons le développer ici.

de la région dijonnaise (France). Pour cela, nous mettons en œuvre une démarche pluridisciplinaire :

- D'une part, pour apprécier la qualité du paysage à travers ses **propriétés objectives susceptibles d'être mesurées et quantifiées**, les ressources offertes par l'analyse géographique des paysages sont mises à profit.
- D'autre part, **la méthode de modélisation des prix hédonistes** prend ensuite le relais, afin de faire ressortir, dans le prix des transactions, la part spécifique que l'on peut attribuer aux variables paysagères précédemment établies.

La suite de cet article est ainsi organisée. La section 2 présente la zone d'étude et les données mobilisées dans les deux domaines, la géographie et l'économie. La section 3 est consacrée à l'élaboration des outils d'analyse et d'expérimentation permettant la modélisation. La section 4 fait état des résultats obtenus. Enfin, la section 5 conclut.

2 Région d'étude, données économiques et géographiques

2.1. La zone d'étude

L'aire d'étude est délimitée par un temps d'accès à Dijon inférieur à 33 minutes ou une distance routière de moins de 42 kilomètres ; elle englobe 14 communes de la banlieue dijonnaise et 305 communes périurbaines ou appartenant à l'espace à dominante rurale. La commune de Dijon est exclue car les modèles d'analyse du paysage mis en œuvre dans ce travail s'appliquent mal aux espaces densément bâtis et à forte variabilité de hauteur d'immeubles ; en revanche, ces modèles sont bien adaptés à l'analyse des paysages forestiers ou agricoles, ouverts ou fermés, dont l'évolution est dominée depuis une trentaine d'années par le mouvement de périurbanisation.

La zone se décompose en quatre ensembles « géographiques » majeurs. Au nord ouest, s'étendent des plateaux calcaires dévolus aux grandes exploitations céréalières, puis d'ouest en est, trois bandes se succèdent : d'abord, l'Auxois qui est une région d'élevage au paysage de bocage organisé en vallées herbagères et croupes forestières, vient ensuite l'Arrière-Côte, plateau calcaire coupé de vallées sèches où l'agriculture est diversifiée (fruits, céréales, élevage), enfin, les plaines de la Saône où voisinent des zones forestières et des terres labourées

avec des productions agricoles intensives (maraîchage et grandes cultures). Un talus abrupt sépare ces deux dernières régions, sur lequel s'étend une étroite bande viticole (la Côte d'Or) qui donne sa réputation au vin de Bourgogne.

2.2. Les données du marché de l'immobilier

Un échantillon de 4 050 maisons a été constitué à partir d'une base de données constituée par les notaires (Perval), les ventes s'échelonnant entre 1995 et 2002. Le choix a été fait de façon à disposer de la description la plus complète possible des caractéristiques structurelles des transactions (prix, surface, éléments de confort, qualités du vendeur et de l'acquéreur, etc.).

2.3. L'information paysagère

Dans la démarche objective et reproductible que nous avons adoptée, le paysage doit être analysé à partir d'une information qui est partout équivalente et stable dans ses modalités d'acquisition. Les moyens requis ont été fournis par la mobilisation de plusieurs bases de données. Il s'agit d'une part de modèles numériques de terrain (MNT) dont furent dérivées des informations sur la structure physique du paysage³, et d'autre part, de base de données constituées ou d'images satellitaires qui ont servi à définir les formes d'occupation du sol constituant l'habillage du paysage, que nous allons présenter plus précisément dans un instant.

Les ressources de systèmes d'information géographique (SIG) ont été requises pour assurer la gestion et le croisement des bases de données ainsi constituées. L'espace géographique, continu par nature, a été découpé selon une maille faite de carrés réguliers ou pixels. Chaque

³ Cette information est constituée à partir de couches numériques initiales délivrées par l'IGN, donnant l'altitude à un pas de distance au sol de 50 ou 250 mètres. Une procédure d'interpolation appliquée à la base à 50 mètres a permis d'en affiner la résolution à 7 et 30 mètres tandis qu'une procédure d'agrégation a permis de faire passer les résolutions initiales de 50 à 150 mètres et de 250 à 1000 mètres. Le MNT, ainsi décliné selon 4 résolutions différentes, sert à modéliser le paysage et sa structure ; on en dérive toutes sortes d'indicateurs, tels que pentes, orientation, formes ou indices topographiques, architecture visuelle.

pixel est défini par sa taille ou résolution, par sa position en latitude et longitude au sein du maillage spatial (géoréférencement) et par ses attributs ou descripteurs. Une autre contrainte tient au fait que le paysage est organisé dans l'espace à des échelles multiples, selon le plan cartographique en deux dimensions ou le volume scénique en trois dimensions. Pour lever la difficulté, il a fallu constituer différentes bases de données dont on a modulé les niveaux de précision, tant en terme spatial (résolutions à 7, 30, 150 et 1000 mètres) qu'en terme thématique (constitution de nomenclatures appropriées aux différentes échelles).

- Des bases de données déjà constituées sont disponibles pour l'occupation du sol. Parmi celles-ci, nous avons eu recours à la base européenne **Corine Land Cover** dont les caractéristiques spatiales et thématiques convenaient à l'élaboration des couches d'occupation à 150 et 1000 mètres. En l'absence d'une information satisfaisante déjà constituée, la mise en place des bases à 7 et 30 mètres a fait appel aux ressources de la télédétection. Des **images satellites provenant de capteurs différents** ont été spécifiquement acquises en raison de leurs performances complémentaires⁴.

Au cours de leur mise au point, les modèles économétriques ont fait apparaître la nécessité d'un ajustement différencié par grands secteurs géographiques autour de Dijon, ce qui nécessitait de disposer d'un zonage en unités cohérentes à l'échelle de l'aire étudiée. A cette fin, nous avons utilisé une méthode s'appuyant sur le traitement de

⁴ Il s'agit du satellite américain Landsat dont les propriétés radiométriques (7 bandes spectrales différentes) sont très étendues et du satellite indien IRS, moins riche en qualités radiométriques, qui délivre, en mode panchromatique, des images à très haute résolution (moins de 6 mètres) dont le piqué autorise le repérage des éléments fins. De manière à tirer le meilleur parti des aptitudes ces deux satellites, un protocole de traitement a été établi : (i) Correction géométrique permettant de redresser les images et de les mettre en conformité de projection avec l'ensemble des bases selon le référentiel choisi. (ii) Fusion d'images mettant à profit des propriétés physiques de la radiométrie qui permettent de combiner la précision spatiale des images à haute résolution et la richesse thématique des images à bandes spectrales multiples. (iii) Rééchantillonnage spatial, opération de transformation qui amène les données aux résolutions adéquates de 7 et 30 mètres. (iv) Classification, procédure permettant de décrypter l'information radiométrique contenue dans les images ainsi préparées, pour la traduire en terme d'occupation du sol.

données numériques se rapportant aux composantes « objectivables » du paysage⁵.

3 □ Modèles géographiques et économiques

3.1. Paysage et vue

Les objets géographiques disposés à la surface du sol peuvent être appréhendés visuellement selon deux types de point de vue, du dessus et du dedans. En effet, l'angle et la distance de vue déterminent l'image sensorielle que l'on reçoit du paysage. La formalisation des rapports géométriques entre paysage et vue constitue le fondement de l'approche objective que nous visons.

L'analyse en vue verticale est celle que privilégie en général l'approche scientifique car c'est un moyen de couvrir d'un coup l'espace paysager dans son ensemble. Ce type d'analyse en vue zénithale est intégré dans notre approche même si la part d'innovation que celle-ci comporte ne vient pas de là.

L'effort de recherche a porté sur la partie de la réalité paysagère qui relève de la vue ordinaire au sol et qui fonde, au premier chef, notre relation sensible au paysage. Nous abordons là un point fort de notre recherche. Les bases de données telles que nous les avons constituées nous permettent de parcourir l'espace point à point d'une manière exhaustive à partir de ce qui est vu depuis chaque pixel de 7 mètres de côté. Grâce aux ressources de la modélisation, il est en effet possible de recomposer, d'une manière approchée, le paysage tel qu'il s'offre à la vue d'un observateur placé en chacun de ces points. Pour cela, on combine l'information apportée par le modèle numérique de terrain et

⁵ L'information requise a été extraite de la base de données à 30 mètres : par tirage au hasard, 2999 points ont été choisis puis caractérisés par des descripteurs physiques (pentes, orientation, altitude, rayonnement) et par leur type d'occupation du sol. Une analyse factorielle des correspondances a fait ressortir des principes d'organisation hiérarchique du paysage, ce qui sert ensuite de référence pour construire une typologie grâce à un traitement complémentaire de classification automatique. Ce détour par l'analyse numérique confère au zonage ainsi obtenu une assise objective qu'il était nécessaire de vérifier pour caler la modélisation économétrique.

par l'occupation du sol ; le paysage est ainsi restitué et mis en scène dans son volume et dans son apparence visuels.

Plus précisément, la procédure est la suivante. (i) Un échantillonnage angulaire du tour d'horizon est effectué en lançant un rayon tous les trois degrés, de façon à explorer les 360 degrés du tour d'horizon autour d'un point d'observation. (ii) Le long de chaque rayon, chaque pixel est classé comme vu ou non vu grâce au calcul trigonométrique, en tenant compte des masques dus à la fois au relief et à la hauteur des objets qui composent l'occupation du sol (arbres, maisons, ouvrages). (iii) La précision de l'information en fonction de la profondeur de champ a été prise en compte à partir de l'information contenue dans les quatre bases en résolutions différentes. Les différents types d'occupation du sol définis pour chacune des résolutions ont été identifiés, comptés le long de chaque rayon parcouru et finalement additionnés pour constituer les variables quantitatives qui sont à la base de l'analyse du champ de vision.

Les règles précédentes simulent le regard actif d'un observateur (on leur associe la notion de vu actif ou d'ampleur de vue), mais elles doivent être complétées par la notion de vu passif ou de soumission à la vue. En effet, voir et être vu constituent des termes complémentaires, constitutifs de l'intervisibilité. En terme de soumission à la vue, chaque point est caractérisé par l'aire d'où il est potentiellement visible. Le protocole qui guide l'analyse de la soumission reprend les principes techniques déjà énoncés pour le vu actif.

3.2. La méthode des prix hédonistes appliquée aux paysages

Pour l'économiste, le paysage est un bien public impur qui relève de la catégorie des biens environnementaux. Il est susceptible d'avoir une valeur, déclarée lors d'enquêtes (méthode des préférences déclarées) ou révélée par l'observation du comportement d'un agent économique pour se procurer ce bien (méthode des prix hédonistes, du coût de transport). Nous avons retenu ici la méthode des prix hédonistes. En matière paysagère, elle se heurte souvent à la difficulté d'obtenir des

variables quantitatives caractérisant les paysages. Ce problème a été résolu comme il vient d'être dit⁶.

Pour évaluer le prix hédoniste des caractéristiques d'un logement, en particulier celui des attributs paysagers, nous utilisons la première étape de la démarche de Rosen (1974). Rappelons, en quelques mots, ses fondements microéconomiques. Un ménage k , qui a des caractéristiques socio-économiques α_k , maximise une fonction d'utilité $U = U(Z, H, \alpha_k)$ en consommant un logement $H(x_1, \dots, x_h, \dots)$, composé d'un ensemble d'attributs x_h intrinsèques (surface, confort, etc.) et extrinsèques (accessibilité, qualité sociale ou environnementale de la localisation, etc.) et un bien composite Z , pris comme numéraire, sous une contrainte budgétaire $W_k = P(H) + Z$, où W_k est le revenu et $P(H)$ le prix du logement. On obtient, par les conditions de premier ordre du programme microéconomique habituel, le prix hédoniste p_h de la caractéristique x_h , égal au taux marginal de substitution de cette caractéristique et du bien composite :

$$\frac{\partial}{\partial x_h} P(H) = \frac{\partial U / \partial x_h}{\partial U / \partial Z} = p_h \quad (1)$$

Le modèle économétrique correspondant est :

$$E(P(H | x)) = X\beta \quad (2)$$

ce qui permet d'obtenir les β d'où l'on déduit les p_h .

La seconde étape de la démarche, que nous n'utilisons pas ici, permet d'estimer les fonctions de demande des attributs x_h selon les prix estimés dans la première étape, le revenu W_k et les caractéristiques α_k du consommateur k :

$$x_h = f_h(\sum_{\tau} p_{\tau}, W_k, \alpha_k) \quad (3)$$

Cette méthode pose quatre problèmes économétriques principaux :

- Premièrement, le prix des attributs ne varie pas linéairement en leur quantité : dans l'équation (1) p_h n'est pas une constante du fait de coûts fixes de transaction ou de construction. Le choix de la forme

⁶ Il a aussi été nécessaire de mettre en rapport les données relatives aux paysages et aux transactions immobilières en procédant à un repérage précis des points de transaction (géoréférencement) de manière à extraire des bases de données paysagères les informations correspondantes.

fonctionnelle pour modéliser cette non-linéarité de la contrainte budgétaire est une première difficulté (Sheppard, 1999). Elle est souvent résolue par une transformation logarithmique (comme nous le faisons ici) ou Box Cox du prix $P(H)$.

- Deuxièmement, certaines variables explicatives peuvent être endogènes du fait du choix simultané du prix du bien et des quantités de ses attributs. Cette endogénéité est, le plus souvent, une conséquence de la non linéarité de la contrainte budgétaire qui conduit le consommateur à choisir simultanément le prix du logement et la quantité de certains attributs. Cela implique d'utiliser la méthode instrumentale (Epple, 1987 ; Freeman, 1979). Les résultats montrent que la surface du logement est presque toujours endogène. Mais l'endogénéité peut également concerner des variables paysagères du fait de la détermination simultanée du prix d'un logement et de la quantité de certains attributs paysagers (Irwin, 2002).
- Il est également possible que, pour un bien spatialisé tel qu'un logement, il existe des autocorrélations spatiales, ce qui est la troisième difficulté, sur laquelle nous allons insister car nous lui apportons une solution peu utilisée, qu'il convient de justifier.
- Enfin, pour la seconde étape de la méthode de Rosen, l'identification de la structure de la demande, c'est-à-dire l'estimation de l'équation dérivée de (3), suppose l'apport d'informations supplémentaires, en particulier des prix hédonistes estimés sur différents marchés (Brown et Rosen, 1982), ce qui explique que nous nous limitons ici à la première étape puisque nous ne disposons de données que pour la seule zone d'étude de Dijon.

Pour prendre en compte les autocorrélations spatiales, nous avons utilisé un modèle d'économétrie de données de panel. L'idée est que les liaisons spatiales sont dues à des caractéristiques omises que partagent les observations appartenant à une même commune. Ce modèle est adapté aux données que nous utilisons pour des raisons qui sont illustrés grâce à la Figure 1. Dans la partie 1A, des liens entre l'observation z et ses voisines sont symbolisées par des traits (d'épaisseur décroissante avec la distance). Si ces liaisons ne connaissent pas de ruptures brutales (gradients réguliers en la distance ou variables omises à effets régulièrement décroissants), un modèle d'autocorrélation spatiale est adaptée. Par contre, l'appartenance à un groupe (Figure 1B, où les observations ont la même répartition

spatiale que dans 1A et où on distingue quatre groupes I, II, III et IV) est plus adaptée aux situations où les observations sont fortement liées au sein d'un groupe et où de brusques ruptures entre groupes peuvent se produire.

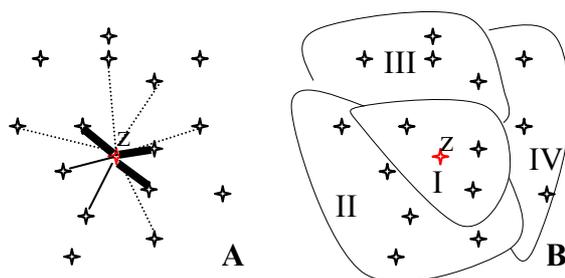


Figure 1. Modélisation des liaisons spatiales selon la distance entre observations (A) ou selon l'appartenance aux groupes I à IV (B)

Les communes, qui sont le niveau de groupe que nous retenons dans notre modèle, sont assez petites et peu étendues dans la zone d'étude retenue. Elles partagent des caractéristiques absentes de la base de données, comme la politique fiscale et foncière locale (impôts locaux, zonage foncier), la jouissance de biens publics locaux (école, etc.), une même accessibilité aux marchés du travail, des biens et des services et elles partagent aussi des aménités, nuisances et externalités diverses. De plus, deux communes voisines ont souvent des caractéristiques différentes en ces domaines, selon leur taille, la composition de leur population, les politiques locales qui y sont menées ou selon leur situation géographique. Cette configuration de l'habitat et du découpage administratif de la région d'étude nous fait pencher en faveur d'un modèle d'économétrie de panel plutôt que d'une modélisation traditionnelle des autocorrélations spatiales.

L'économétrie des données de panel est surtout utilisée dans des modèles individuel-temporel. Prenons l'exemple du modèle $Y_{nt} = b_0 + X_{nt}b + m_n + \varepsilon_{nt}$ où n désigne un individu (par exemple un pays), t la répétition d'observations dans le temps et m_n une variable caractérisant le pays. Le modèle que nous utilisons ici a la même

forme statistique, mais il s'interprète différemment sur le plan économique. Il s'écrit :

$$\ln P_{ij} = b_0 + X_{ij}b + m_i + \varepsilon_{ij} \quad (4)$$

où P_{ij} est le prix du bien immobilier j de la commune i , X_{ij} la matrice des variables explicatives, b le vecteur des paramètres à estimer, m_i une variable propre à la commune i et ε_{ij} un terme d'erreur. Nous disposons de données pour plusieurs années (1995 à 2002), mais la dimension temporelle ne nous intéresse pas en tant que telle : notre modélisation en panel a pour objectif de contrôler les caractéristiques inobservables ou omises de la commune i pour l'étude du prix hédoniste du paysage, dont on ne pense pas qu'il ait varié au cours d'une période assez brève. Il s'agit évidemment d'un panel incomplet, puisque le nombre d'observations varie selon les communes (de plus, les transactions ne sont pas ordonnées comme dans un panel individuel-temporel).

L'économétrie des données de panel distingue le modèle à effet fixe (m_i est une variable indicatrice) et à effet aléatoire (m_i et ε_{ij} sont deux variables aléatoires). Nous retenons le modèle à effet fixe, donc l'estimateur intra-individuel (*within* ou *Least Squares Dummy Variable*), qui est ici intra-commune⁷.

Nous estimons le modèle à effet fixe sur des variables de déviation aux moyennes des groupes. La variable endogène est la différence entre le logarithme du prix d'une maison j de la commune i , $\ln P_{ij}$ et la moyenne des logarithmes du prix des maisons de cette commune i , notée $\overline{\ln P_i}$. Elle est expliquée par la déviation des variables explicatives. Plus précisément, en soustrayant de (4) l'équation égale à la somme sur les observations d'une commune divisé par le nombre d'observations, on obtient :

$$\ln P_{ij} - \overline{\ln P_i} = (X_{ij} - \overline{X_i})b + v_{ij} \quad (5)$$

⁷ Pour les variables retenues dans les régressions, les écarts-types inter-communes (232 communes) sont à peu près deux fois plus faibles que les écarts-types intra-communes (10,9 observations en moyenne par commune). L'hétérogénéité intra-communes est donc forte en regard d'une relative homogénéité inter-communes, ce qui conduit à penser que l'estimateur *within* capte une grande partie de la variance.

où \bar{X}_i est la matrice des moyennes des variables explicatives dans la commune i . Le terme d'erreur $v_{ij} = \varepsilon_{ij} - \bar{\varepsilon}_i$ est hétéroscédastique, mais on est dans le cas où l'estimateur des moindres carrés généralisés (MCG) est le même que celui des moindres carrés ordinaires (MCO) (Sevestre, 2002). Une autre source d'hétéroscédasticité est due au nombre N_i d'observations qui diffère selon les communes. Il est facile de la contrôler en multipliant tous les termes de (5) par $\sqrt{N_i/(N_i - 1)}$.

L'équation (5), après la transformation ci-dessus, est estimée sans constante. Une transformation de Box Cox, réalisée dans une étape exploratoire par la méthode du maximum de vraisemblance, montre que le paramètre de transformation est voisin de zéro, ce qui conduit à adopter la forme logarithmique pour le prix. Les tests statistiques sont les suivants¹ : le test de Hausman montre que la surface habitable est endogène (comme c'est presque toujours le cas avec la méthode hédoniste). Nous remplaçons dans (5) cette variable endogène par sa projection sur des instruments, dont on vérifie l'exogénéité par le test de Sargan, et nous utilisons les doubles moindres carrés (2SLS). Les instruments utilisés dans la première régression sont les variables explicatives exogènes de la seconde régression, les caractéristiques de l'acheteur et du vendeur et la toponymie de la voirie. Le test de White indique que les résidus de l'estimation finale sont homoscedastiques. Par construction, il n'y a pas d'autocorrélations spatiales des résidus, les moyennes étant nulles pour chacune des communes.

¹ Nous utilisons la méthode de Hausman fondé sur la 'régression augmentée' pour tester l'endogénéité d'une variable x . Celle-ci est, tout d'abord, régressée sur des instruments Z . Le résidu est noté η . L'équation d'intérêt $Y = X\beta + \varepsilon$ est ensuite modifiée par adjonction de η : $Y = X\beta + \eta b + \varepsilon$ (régression augmentée). On effectue un test de Student sur le coefficient b et si celui-ci est statistiquement différent de 0, on rejette l'hypothèse nulle d'exogénéité de x . Une fois que l'hypothèse d'exogénéité a été rejetée, la méthode de Sargan permet de tester la validité des instruments : on régresse les résidus de la régression augmentée sur les instruments Z . On rejette les instruments dont les coefficients sont statistiquement différents de 0 (l'hypothèse de validité de ces instruments est rejetée). S'il y a des instruments invalides, on recommence la procédure.

4 □ Résultats

4.1. Caractérisation des paysages

Le travail de caractérisation des paysages s'est effectué de deux façons, d'abord globalement à l'échelle de toute la zone, ce qui impliquait l'analyse de 127 699 495 points de vue (1 par pixel de 7 mètres de côté), puis sélectivement en ne considérant que les seuls points de transaction (au nombre de 5956), ou le sous-ensemble des maisons (4050 observations).

Caractérisation globale

Nous illustrons ici les résultats cartographiques par un zoom réalisé, à titre d'exemple, sur les environs de Genlis, afin de mieux restituer la précision spatiale de l'information. La Figure 2, tout d'abord, cartographie pour cette zone l'ampleur du panorama vu depuis chaque pixel. On ne voit que 441 m², c'est-à-dire les 9 pixels entourant la transaction, lorsque la vue est complètement bouchée par des masques (maisons contiguës, couvert forestier). Par contre, les pixels entourés de cultures ou de prés offrent des vues qui peuvent être très étendues (2000 hectares ou plus). Les résultats économétriques montreront, cependant, que cet indicateur paysager a un prix hédoniste nul, ce qui est un résultat important. Pour aller au-delà de cette conclusion, il a fallu procéder d'une manière itérative par des allers et retours successifs qui ont permis d'affiner et de mettre en évidence d'autres indices paysagers. On a montré que les composants visuels tels que bâti, feuillus, cultures et routes doivent être considérés dans la modélisation mais toujours en vue rapprochée. La figure 3 illustre les résultats pour les feuillus vus lorsque la profondeur de champ est de 70 mètres. On retrouve la même propriété : en forêt, c'est-à-dire sous couvert, on ne voit que les 441 m² des pixels alentours. Par contre, lorsqu'on atteint la lisière, la vue se dégage et une surface arborée supérieure s'offre à la vue.

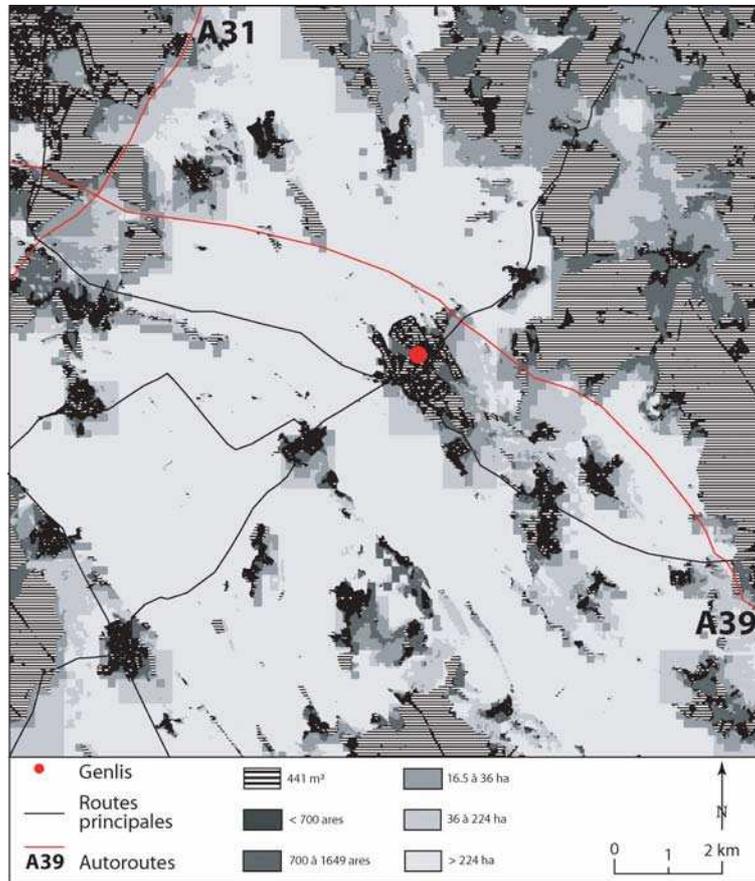


Figure 2. Ampleur globale de la vue

Caractérisation ciblée sur les points de transaction

Il s'agit de mettre en évidence la façon dont les descripteurs que nous avons retenus interviennent dans la composition de l'environnement et des vues pour en faire ressortir des principes d'organisation. L'exploration des propriétés du paysage autour des points de transaction s'organise selon les deux grands modes d'appréhension du paysage que nous avons défini précédemment : le vu du dessus et le vu du dedans. Autour de chaque point de transaction, la prise en compte de l'information sur le paysage passe par la définition de six auréoles (ou plans) concentriques reliées à quatre bases de données en

résolution différente : base à 7 mètres pour les plans 1, 2 et 3, puis respectivement bases à 30, 150 et 1000 mètres pour les plans 4, 5 et 6. L'analyse en plan met en évidence la structuration de l'occupation du sol autour des points de transaction : les éléments construits se diluent très vite avec l'éloignement ; buissons et réseaux suivent la même tendance tandis que les cultures et les forêt occupent presque exclusivement les espaces périphériques lointains (Figure 4).

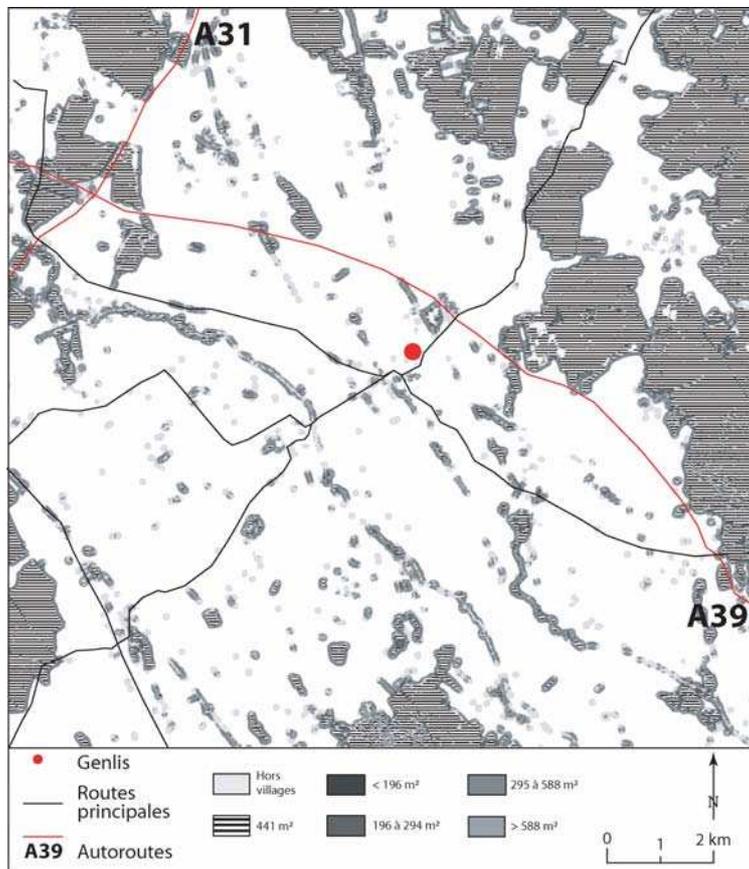
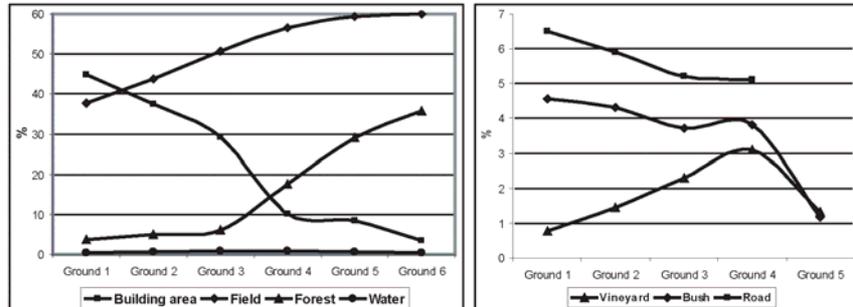


Figure 3. Vue sur des feuillus



Lecture : le bâti couvre 45 % du disque du plan 1, 30 % de la couronne constituée par le plan 3 et moins de 5 % de celle du plan 6.

Figure 4 : Les catégories d'occupation du sol et leur emprise moyenne par plan

L'analyse du paysage tel qu'il est vu du dedans fait ressortir la façon dont les différentes catégories d'occupation du sol se répartissent dans les différents plans visuels (Figure 5). Avec bien sûr quelques nuances qui les distinguent, on observe une décroissance visuelle du bâti, des buissons et des routes à mesure que l'on gagne les arrière-plans tandis que symétriquement, les arbres et la forêt augmentent leur emprise. Les espaces ouverts, qui sont principalement agricoles, quant à eux maintiennent leur importance dans tous les segments de la profondeur de champ. Quant à la vigne et aux plans d'eau, ils restent toujours discrets dans le paysage.

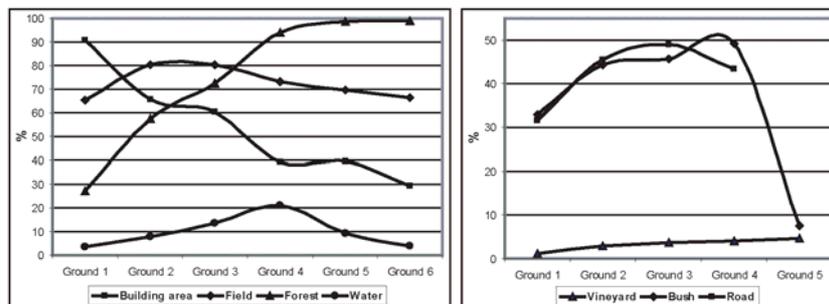


Figure 5 : Les thèmes d'occupation des sols et leur présence dans les différents plans

De manière à établir une sorte de susceptibilité à la vue des différentes classes d'occupation du sol, on a calculé, par catégorie et par plan, le rapport entre le nombre de pixels présents au sol et, parmi ceux-ci, le

nombre des pixels effectivement vus dans le paysage (Figure 6). On constate qu'une part essentielle des éléments matériels qui composent l'espace géographique se dérobe au regard dans le paysage. Dès le plan 4 (280 à 1200m), le paysage que l'on voit se construit à partir d'éléments dont l'emprise au sol représente moins de 1% des surfaces.

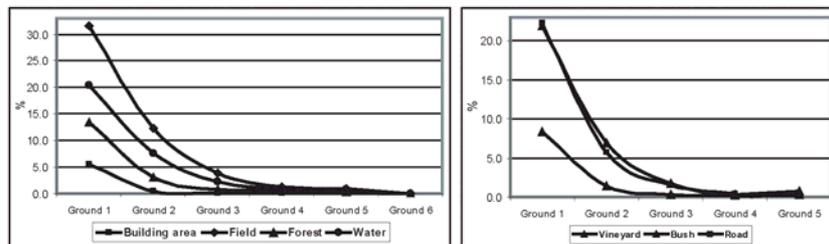


Figure 6 : Rapport entre emprise au sol et emprise visuelle

4.2. Prix hédoniste des attributs non paysagers

Les résultats des régressions économétriques sont reportés en annexe. Nous commentons ici, tout d'abord, les prix hédonistes obtenus pour les caractéristiques du bien et de la transaction puis ceux des attributs paysagers.

- Les prix implicites révélés par la fonction hédoniste montrent qu'un mètre carré de surface habitable nue (c'est-à-dire sans les attributs qui l'accompagnent) vaut environ 1 500 €, soit un peu moins de 1,5 % du prix global d'une maison. Un mètre carré de terrain, nu également, vaut environ 40 à 50 € près de Dijon et il décroît de 20 % lorsque la distance généralisée⁸ à Dijon augmente de 1 €, de telle sorte qu'il n'est plus que d'une dizaine d'euros à une distance de 12 € et de 2 € par mètre carré lorsqu'on atteint la périphérie de la zone d'étude.

⁸ Le coût généralisé de transport mesure une distance en incluant son coût direct (carburant et amortissement, entretien et assurance du véhicule) et un coût en temps (perte de temps de loisir, que l'on évalue monétairement à partir du prix de la rémunération de l'heure de travail moyen). Connaissant la distance kilométrique routière d'une commune jusqu'à Dijon et le temps de trajet, nous calculons un coût généralisé d'accès à Dijon exprimé en euros, que nous appelons aussi « distance généralisée ».

- Le prix des transactions est supérieur dans les communes plus peuplées que la moyenne (elles valent environ 1 700 € de plus lorsque la population communale augmente de 1 000 habitants), ainsi que dans les communes plus riches (le prix d'une transaction augmente de 13 000 € lorsqu'on passe de la commune qui est au premier quart de la distribution selon le revenu imposable à la commune située au troisième quart).

| | Ensemble | Pôle urbain |
|--|----------|-------------|
| Salle de bain | 28 515 | 10 730 |
| Sous-sol | 4 120 | |
| Cave | 1 240 | |
| Combles | 7 270 | |
| Piscine | 11 290 | |
| Parking | / | 3 560 |
| Nombre de niveaux | 15 090 | 2 020 |
| Année de construction | 35,6 | |
| Maison neuve | | |
| Maison de ville | 8 960 | 10 690 |
| Chalet | 19 614 | |
| Ferme | 8 598 | |
| Mauvais état | 14 700 | 12 710 |
| Acquéreur occupant | 18470 | 180 |
| Négociation de particulier à particulier | 2440 | |
| Mutation précédente : | | |
| échange | 11550 | |
| succession | 3030 | |
| partage | 3730 | |

Tableau 1. Prix hédoniste des caractéristiques de l'immeuble et de la transaction

- Les attributs des logements qui sont identifiés dans la base de données ont des prix hédonistes cohérents avec les résultats obtenus par ailleurs, à une exception près (Tableau 1). Salle de bain, combles, piscine, sous-sol, parking et cave ont des prix hédonistes

positifs, les maisons à plusieurs niveaux, ou celles en mauvais état, ont au contraire des prix négatifs (nous avons indiqué le prix estimé pour les communes de banlieue lorsqu'il était différent de celui obtenu pour l'ensemble). La date de construction n'a, apparemment, qu'un effet très faible sur le prix des transactions, ce qui est l'exception par rapport à la plupart des autres travaux (qui lui attribuent un prix hédoniste élevé).

- L'analyse de l'effet de la date de transaction montre que l'augmentation des valeurs immobilières observée entre 1995 et juin 2002 (date des dernières mutations présentes dans la base de données), de 20% environ, est due pour moitié à l'inflation. Les 10% de progression en euros constants s'expliquent grosso modo pour moitié à nouveau par un effet de quantité (surface habitable et terrain), auquel il faut probablement ajouter un effet de qualité. L'analyse toutes choses égales par ailleurs montre que le prix augmente d'environ 2 points par an pour les maisons et nettement plus pour les terrains à bâtir.

4.3. Prix hédoniste des attributs paysagers

Le tableau 2 indique les principaux résultats. Retenons les conclusions suivantes.

- Les ménages de la région d'étude se caractérisent par une grande myopie : ce qu'ils voient au-delà de quelques centaines, voire de quelques dizaines de mètres n'a pas de prix hédoniste statistiquement différent de zéro. C'est pourquoi les variables retenues dans ce tableau se rapportent presque toujours aux 70 premiers mètres autour des transactions et jamais au-delà de 280 mètres. Cela donne une grande importance aux aménagements urbains réalisés dans les villes et villages à proximité immédiate des habitations, et cela relativise le rôle qui revient aux agriculteurs en tant que gestionnaires de grandes étendues offrant des tours d'horizon étendus. Les petits bosquets urbains, les haies séparant les habitations, l'embellissement de la voirie (fleurs, arbres, etc.) ont probablement plus d'importance que la forme des champs et la nature des cultures que pratiquent les agriculteurs au-delà des limites du village.

| | |
|----------|------------|
| ensemble | périurbain |
|----------|------------|

| | + 1 pixel | doublement | + 1 pixel | doublement |
|---|-----------|------------|---------------|------------|
| Feuillus (pixels, champ 0-70m) | 451 | 2165 | 515 | 3553 |
| Résineux (pixels, champ 0-70m) | 1196 | 2991 | 1755 | 4388 |
| Bâti : écart soumission - vue (pixels, champ 0-70m) | -915 | -823 | -1212 | 1333 |
| Taux bâti (champ 0-70 mètres) | 401 | 522 | NS | NS |
| Routes (pixels, soumission depuis champ 0-70m) | -48 | -874 | Idem ensemble | |
| Prés (pixels, champ 70-280m) | 8 | 147 | 8 | 1170 |
| Cultures (pixels, champ 70-140m) | 13 | 271 | 22 | 1702 |
| Voies ferrées (pixels, champ 0-280m) | -258 | -2054 | Idem ensemble | |
| Eaux (pixels, champ 70-280m) | -90 | -2094 | Idem ensemble | |
| Moins 200m route grande circulation | -4976 | | -8140 | |
| Pente (pour cent) | -1201 | -2883 | Idem ensemble | |
| Déviation par rapport à l'orientation Sud (degré) | -16 | -441 | -36 | -1005 |
| Indice division (1 pour cent) | 109 | | 322 | |
| Indice contiguïté (1 pour cent) | -117 | | -144 | |
| nombre taches feuillus | 656 | | Idem ensemble | |
| tache dominante | 86 | | 209 | |
| longueur lisière feuillus (mètres) | -12 | | -25 | |

Lecture : le prix hédoniste d'un pixel de feuillus supplémentaire est de 451 € (515 dans le périurbain) et celui d'un doublement de la quantité de pixels de feuillus vus est de 2165 € NS : non significatif au seuil de 5%.

Tableau 2. Prix hédoniste des attributs paysagers

- Dans ce cercle restreint de quelques dizaines de mètres, deux à trois centaines tout au plus, c'est la vue réelle, c'est-à-dire du dedans, en tenant compte du relief et des masques visuels, qui a une valeur économique. La simple présence de types d'occupation des sols, lorsqu'ils ne sont pas vus, a des prix hédonistes voisins de zéro. Plus précisément, on fait apparaître une dialectique du voir et du vu, la vue étant une aménité et la soumission à la vue d'autrui étant une nuisance. En particulier, la différence entre le nombre de pixels d'où l'on est soumis à la vue depuis d'autres maisons et le nombre de pixels de bâti que l'on voit a un prix négatif, surtout dans la ceinture périurbaine.
- Parmi les objets vus, les formations arborées, les feuillus en premier lieu, ont des prix hédonistes significativement positifs et les réseaux, notamment routiers, négatifs. Le prix obtenu pour l'agriculture est plus ambigu et il varie selon la distance des champs ou des prés. Ces prix des variables paysagères sont toujours

faibles, en regard du prix d'une maison, mais on peut dire qu'ils ne sont pas nuls pour ceux qui ont été retenus dans le tableau 2. Des indices de forme paysagère (nombre, forme et agencement des taches formées par les différents usages des sols), quoique définis de façon frustrante par notre méthode, ont des prix hédonistes statistiquement non nuls : dans la ceinture périurbaine (mais pas dans le pôle urbain, excepté pour ce qui concerne les feuillus), les ménages préfèrent des formes complexes, fragmentées, imbriquées ou en mosaïque.

- Les résultats sont très différents dans le pôle urbain (hors Dijon) et dans la ceinture périurbaine. Les prix des attributs paysagers sont nettement plus faibles dans le pôle urbain que dans la ceinture périurbaine, sans qu'il soit possible de dire si cette différence est due aux limites de notre méthode (peu adaptée à un habitat dense), à des goûts différents des habitants de ces deux types d'espace ou si elle signifie que les paysages urbains ont réellement une plus faible valeur.

- Le prix global du paysage, qui résulte de la sommation du prix de chacune des composantes du tableau 2 multiplié par les quantités correspondantes, est en moyenne de près de 2 500 € pour une maison de la ceinture périurbaine, soit 2,3 % du prix d'une maison, la médiane étant d'un millier d'euros. Ce prix minore probablement la valeur globale réelle, puisqu'elle ne tient pas compte des aspects esthétiques des paysages, de leur valeur écologique, récréative et d'existence. C'est, cependant, une valeur significativement non nulle.

- Enfin, des cartes de la valeur globale des paysages ont été établies. De la sorte, grâce aux moyens développés par cette approche pluridisciplinaire, il est possible de généraliser à l'ensemble de l'espace les enseignements tirés d'une enquête par échantillon. La figure 7 illustre les résultats pour la région de Genlis, que nous avons retenu pour les autres cartes, en ne retenant que les zones bâties et leur pourtour (calculer le prix d'un paysage d'une maison construite au milieu d'un champ ou d'une forêt n'aurait guère de sens). Elle montre que la valeur des paysages est surtout importante en périphérie de village, alors qu'elle est plus faible à l'intérieur, où les masques bâtis bouchent la vue.

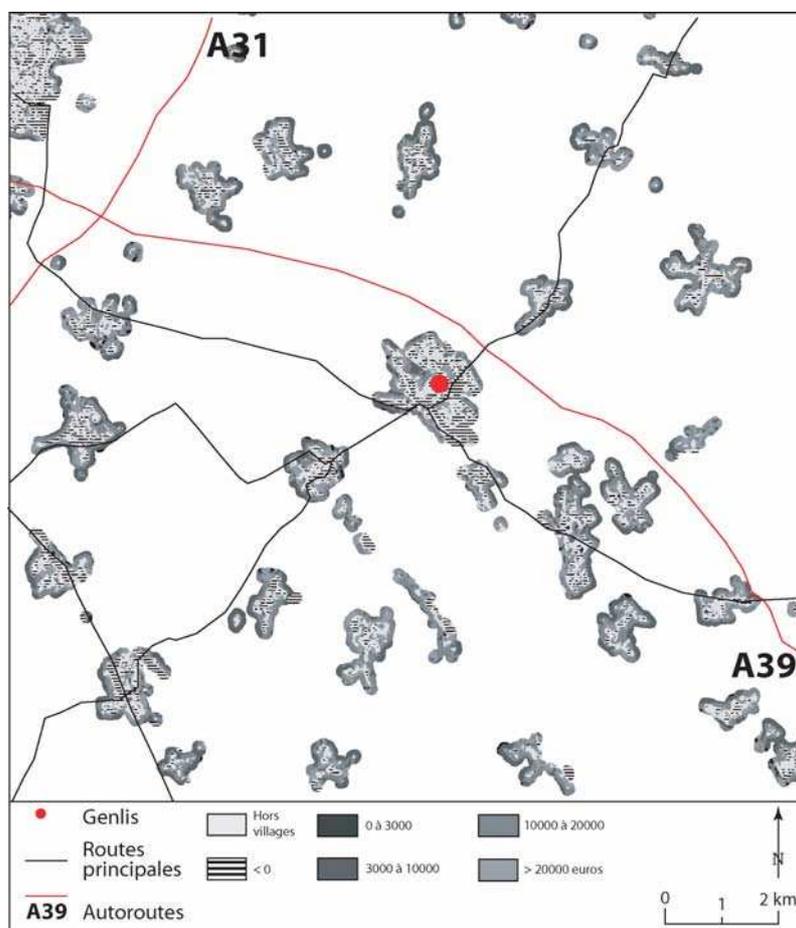


Figure 7. Prix global des paysages

5 □ Conclusions

Les modèles géo-économiques d'évaluation du prix des paysages sont peu nombreux, alors que les deux disciplines sont complémentaires pour l'évaluation de ce bien non marchand et difficile à mesurer.

L'approche que nous avons conduite ouvre sans aucun doute des pistes intéressantes au vu des résultats décrits ci-dessus.

Des développements ultérieurs seront nécessaires, en approfondissant la collaboration inter-disciplinaire engagée ici. En particulier, certains résultats actuellement fragiles demandent également à être précisés (l'agriculture selon son éloignement). Il est également envisagé d'évaluer non plus le prix hédoniste du paysage vu depuis une maison mais celui d'une ambiance paysagère villageoise, en passant à l'échelle d'une promenade à pied autour de chez soi. Enfin, des comparaisons avec d'autres régions seront également réalisées, dans le cadre d'une autre étude conduite à la demande du ministère de l'Environnement et du développement durable.

Cependant, même si elle peut être affinée et élargie à d'autres régions, notre méthode géographico-économique reste réductrice car elle simplifie à l'extrême ce qu'est un paysage et elle n'estime que des valeurs d'usage liées à la consommation résidentielle. Le fait que, malgré ces limites, elle débouche sur des résultats significatifs est encourageant. Mais nous avons conscience de ce que d'autres types de méthodes sont également nécessaires pour faire avancer les connaissances dans le domaine complexe de l'évaluation économique des paysages.

Références

- Acharya, G., Bennett, L.L. (2001) □ Valuing Open Space and Land-Use Patterns in Urban Watersheds □ *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 22: 221-237.
- Bastian, C. T., McLeod, D. M., Germino, M. J., Reiners, W. A., Blasko, B. J. (2002) □ Environmental amenities and agricultural land values : a hedonic model using geographic information systems data □ *Ecological Economics*, 40: 337-349.
- Bolitzer, B., Netusil, N. R. (2000) □ The impact of open spaces on property values in Portland, Oregon □ *Journal of Environmental Management*, 59 : 185-193.
- Brasington, D.M., Hite, D. (2004) □ Demand for environmental quality: a spatial hedonic analysis □ *Regional Science and Urban Economics*.

- Brown, J. N., Rosen, H. S. (1982) □ On the Estimation of Structural Hedonic Price Models □ *Econometrica*, 50: 765-768.
- Cavaillès, J., Brossard T., Hilal M., Joly D., Tourneux F.P., Tritz C., Wavresky P. (2005) □ Le prix des paysages ruraux et des espaces non bâtis dans la littérature économique. Dijon, Besançon, INRA-CESAER, Théma-CNRS, Document de travail.
- Cheshire, P., Sheppard, S. (1995) □ On the Price of Land and the Value of Amenities □ *Economica*, 62: 247-267.
- Cheshire, P., Sheppard, S. (1998) □ Estimating the Demand for Housing, Land, and Neighbourhood Characteristics □ *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 60: 357-382.
- Des Rosiers, F., Thériault, M., Kestens, Y., Villeneuve, P. (2002) □ Landscaping and house values: an empirical investigation □ *Journal of Real Estate Research*, 23: 139-161.
- Epple, D. (1987) □ Hedonic prices and implicit markets: Estimating demand and supply functions for differentiated products □ *Journal of Political Economy*, 95: 59-80.
- Freeman, A. M. (1979) □ Hedonic Prices, Property Values and Measuring Environmental Benefits: A Survey of the Issues □ *Scandinavian Journal of Economics*: 154-171.
- Geoghegan, J., Wainger, L. A., Bockstael, N. E. (1997) □ Spatial landscape indices in a hedonic framework : an ecological economics analysis using GIS □ *Ecological Economics*, 23: 251-264.
- Germino, M.J., Reiners, W.A., Blasko, B.J., McLeod, D., Bastian, C.T. (2001) □ Estimating visual properties of Rocky Mountain landscapes using GIS □ *Landscape and Urban Planning*: 71-83.
- Irwin, E.G. (2002) □ The effects of open space on residential property values □ *Land Economics*, 78: 465-480.
- Kestens, Y., Thériault, M., des Rosiers, F. (2004) □ The impact of surrounding land use and vegetation on single-family house prices □ *Environment and Planning B*, 31: 539-567.
- Lake, I.R., Lovett, A.A., Bateman, I.J., Langford, I.H. (1998) □ Modelling environmental influences on property prices in an urban environment □ *Computers, Environments and Urban Systems*, 22: 121-136.
- Mahan, B. L., Polasky, S., Adams, R. M (2000) □ Valuing urban wetlands: a property price approach □ *Land Economics*, 76: 100-113.
- Paterson, R.W., Boyle K.J. (2002) □ Out of sight, out of mind? Using GIS to incorporate visibility in hedonic property value models □ *Land Economics*, 78: 417-425.

- Roe, B., Irwin, E.G., Morrow-Jones, H.A. (2004) □ The effects of farmland, farmland preservation, and other neighborhood amenities on housing values and residential growth □ *Land economics*: 55-75.
- Rosen, S. (1974) □ Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition □ *Journal of Political Economy* 82: 34-55.
- Sevestre, P. (2002) □ *Econométrie des données de panel* □ Paris, Dunod.
- Sheppard, S. (1999) □ Hedonic analysis of housing markets □ In Mills, E. S. and Cheshire, P. (eds): *Handbook of Regional and Urban Economics, vol 3, Applied Urban Economics*: 1595-1635.
- Thorsnes, P. (2002) □ The value of a suburban forest preserve: Estimates from sales of vacant residential building lots □ *Land Economics*, 78: 626-441.
- Tyrvaïnen, L., Miettinen, A. (2000) □ Property Prices and Urban Forest Amenities □ *Journal of Environmental Economics and Management*, 39 :205-23.

ANNEXE

| | Sans variables payagère (1) | | Sans variables de composition payagère (2) | | ensemble (3) | |
|---------------------------|-----------------------------|------|--|------|--------------|------|
| | Estimate | t | estime | t | estime | t |
| SURFHAB (ln) | 1,558958 | 17,2 | 1,548694 | 17,2 | 1,544246 | 17,1 |
| SURFHAB (ln)*POLE | -0,89594 | -9,7 | -0,89125 | -9,7 | -0,89021 | -9,7 |
| SURFLOT | 0,029591 | 2,4 | 0,021868 | 1,7 | 0,022151 | 1,8 |
| SURFLOT*POLE | 0,108189 | 6,3 | 0,117323 | 6,7 | 0,116467 | 6,6 |
| SURF_PIECE | -0,0219 | -5,7 | -0,02211 | -5,8 | -0,02195 | -5,7 |
| (SURF_PIECE) ² | 0,000116 | 2,0 | 0,00012 | 2,1 | 0,000119 | 2,0 |
| SURF_PIECE*POLE | 0,011974 | 5,9 | 0,01226 | 6,1 | 0,012155 | 6,1 |
| NIV | -0,16802 | -9,4 | -0,16153 | -9,2 | -0,16025 | -9,1 |
| NIV*POLE | 0,165204 | 7,9 | 0,160076 | 7,7 | 0,158546 | 7,7 |
| AGE | 0,000524 | 5,6 | 0,000471 | 5,0 | 0,000473 | 5,1 |
| SDB | 25,86645 | 9,8 | 25,39265 | 9,8 | 25,28716 | 9,7 |
| SDB*POLE | -21,1955 | -6,9 | -20,7733 | -6,8 | -20,698 | -6,8 |
| COMBLE | 0,075622 | 4,1 | 0,074798 | 4,1 | 0,073505 | 4,0 |
| PISCINE | 0,096349 | 4,1 | 0,090044 | 3,9 | 0,08798 | 3,8 |
| SOUSSOL | 0,034791 | 4,3 | 0,035644 | 4,5 | 0,035964 | 4,5 |
| PARK*POLE | 0,032669 | 3,4 | 0,032772 | 3,5 | 0,033649 | 3,6 |
| DATE | 0,041801 | 21,4 | 0,042013 | 21,6 | 0,042071 | 21,8 |
| PARTIC | -0,0288 | -3,4 | -0,03071 | -3,6 | -0,03132 | -3,7 |
| ACQOCC | -0,13436 | -4,9 | -0,13474 | -5,0 | -0,13373 | -5,0 |
| SUCC | -0,04419 | -4,2 | -0,04467 | -4,2 | -0,04574 | -4,4 |
| PARTAGE | -0,03945 | -2,5 | -0,04193 | -2,7 | -0,04207 | -2,7 |
| FEUILLUS < 70M * PERI | | | 0,003066 | 2,1 | 0,004704 | 2,7 |
| FEUILLUS < 70M * POLE | | | 0,004554 | 2,2 | 0,001648 | 0,7 |
| RESIN < 70M * PERI | | | 0,015686 | 2,6 | 0,015947 | 2,7 |
| RESIN < 70M * POLE | | | 0,004751 | 0,5 | -0,00054 | -0,1 |
| ROUTE < 70M (SOUM) | | | -0,00045 | -1,9 | -0,00044 | -1,8 |
| PRES 70-280M * PERI | | | 0,000062 | 1,8 | 0,00007 | 2,0 |
| PRES 70-280M * POLE | | | 0,000053 | 0,4 | 0,000058 | 0,4 |
| CULT 70-140M * PERI | | | 0,000134 | 2,1 | 0,000205 | 2,9 |
| CULT 70-140M * POLE | | | -0,00005 | -0,5 | -0,00005 | -0,5 |
| VOIFER < 280M | | | -0,02447 | -2,2 | -0,02321 | -2,1 |
| EAU 70-280M | | | -0,00084 | -3,2 | -0,00085 | -3,2 |
| <200M GR_ROUTE * PERI | | | -0,08627 | -4,3 | -0,07747 | -3,9 |
| <200M GR_ROUTE * POLR | | | -0,02321 | -1,4 | -0,01409 | -0,8 |
| PENTE | | | -0,00935 | -2,9 | -0,01125 | -3,4 |
| BATI(SOUM-VU)<70M*PERI | | | -0,01331 | -3,0 | -0,01116 | -2,5 |
| BATI(SOUM-VU)<70M*POLE | | | 0,004807 | 0,6 | 0,00554 | 0,7 |
| TXBA TI VU <70M*PERI | | | -0,00709 | -0,8 | -0,00358 | -0,4 |
| TXBA TI VU <70M*POLE | | | 0,018007 | 1,8 | 0,019909 | 1,8 |
| ORIENT_NONSUD * PERI | | | -0,00027 | -1,4 | -0,00033 | -1,7 |
| ORIENT_NONSUD * POLE | | | 0,000026 | 0,1 | 4,25E-06 | 0,0 |
| I_DIVISION * PERI | | | | | 0,258222 | 2,3 |
| I_DIVISION * POLE | | | | | -0,0537 | -0,4 |
| I_CONTIGUITE * PERI | | | | | -0,14126 | -1,9 |
| I_CONTIGUITE * Pole | | | | | 0,006911 | 0,1 |
| NB_TACHE FEUILLUS | | | | | 0,005314 | 2,0 |
| I_TACHE DOMIN * PERI | | | | | 0,001909 | 1,9 |
| I_TACHE DOMIN * POLE | | | | | -0,00033 | -0,2 |
| L_LISIERE FEUILLUS*PERI | | | | | -0,00023 | -2,5 |
| L_LISIERE FEUILLUS*POLE | | | | | 0,000235 | 1,9 |